



KUNGL
TEKNISKA
HÖGSKOLAN



Institutionen för byggnader och installationer

Materialval för tappvattensystem i bostäder – fältstudie i kv Astrid och kunskapssammanställning

Per Levin och Torbjörn Eriksson

Remissutgåva

2000-12-19

Innehållsförteckning

- Förord
- Sammanfattning
- 1. Bakgrund
- 2. Syfte
- 3. Genomförande - metod
- 4. Resultat från provinstallationer i kv Astrid 12.
- 5. Olika material i tappvatteninstallationer - vad vet vi idag?
- 6. Diskussion
- 7. Slutsatser
- 8. Referenser
- 9. Bilagor

Förord

Målet för projektet i kv. Astrid var att erhålla ett underlag för att kunna optimera materialvalet för tappvattensystem i nya flerbostadshus, sett ur ett livscykelperspektiv och med beaktande av främst hälsofrågor, miljöanpassning, beständighet och totalekonomi. Projektet har genomförts i samarbete mellan JM AB och KTH, Institutionen för byggnader och installationer med finansiellt stöd från SBUF.

Projektledare för FoU-delen har varit Johnny Kellner, JM, och projektansvarig för byggande Allan Rasmusson, JM med Leif Tynong som byggprojektledare.

Uppföljning av rörinstallationerna i kv. Astrid har utförts av Torbjörn Eriksson, KTH och arbetet med litteraturstudier har utförts av Per Levin, KTH och Sycon Stockholm Konsult, med assistans av Oscar Hoflin.

En referensgrupp med följande sammansättning har följt projektet:
Anna-Greta Holmbom-Björkman, Stockholms Gatu- och fastighetskontor
Bertil Engdahl, Miljöförvaltningen i Stockholm
Per Hådell, Stockholm Vatten
Caroline Stark, Einar Mattsson Byggnads AB
Bo Lindholm, Ransta Rör, Värme och Sanitet
Rolf Kling, VVS-installatörerna
Lennart Dock, Inst. för miljömedicin, KI
Carola Lidén, Yrkes- och miljödermatologi, KS
Bertil Jönsson, Boverket, Byggavd.

Stockholm i december 2000

Författarna

Sammanfattning

Nya gränsvärden för maximalt kopparinnehåll i avloppsslam har införts från årsskiftet 2000-2001. Stockholm Vatten har svårt att klara dessa med nuvarande förhållanden och vill således minska kopparhalterna. En stor andel av kopparen i vattnet kommer från kopparrör för tappvatten där andelen ökat successivt i och med att stammar bytts ut vid renovering av fastigheter. Valet av rörmaterial är mycket komplext vid betraktande ur ett livscykelperspektiv och ett stort antal faktorer och krav måste beaktas.

Målet för detta projekt är att erhålla ett bra underlag för att kunna optimera materialvalet för tappvattensystem i nya flerbostadshus, sett ur ett livscykelperspektiv och med beaktande av främst hälsofrågor, miljöanpassning, beständighet, säkerhet mot vattenskador och totalekonomi.

I ett flerbostadshus i kv Astrid har fyra olika rörmaterial installerats i olika stammar och jämförts med avseende på tidsåtgång och materialkostnader för färdiga tappvattensystem. Rörmaterialen är koppar, PEX, PP och rostfritt stål.

Utvärderingen av installationskostnaderna i kv Astrid visar att kostnaden för kopparrör är markant lägre än för de övriga rörmaterialen, vilket beror på jämförelsevis låg materialkostnad och kort montagetid. Vid jämförelse för en stam med 6 lägenheter och 10 m källarstråk blir kopparalternativet ca 28 % billigare än plaströrsalternativen. Rostfria rör var ca 6 % dyrare än plaströren.

Risken för vattenskador ökar troligen vid användning av plaströr om inte speciella kvalitetsrutiner införs. I kv Astrid förekom två vattenläckage vid idrifttagning av PP-rören.

Rörmaterials påverkan på den yttre miljön är olika och de lätta plastmaterialen får mindre påverkan än rostfritt stål som i sin tur är mindre än koppar. Till detta skall läggas toxiska effekter av koppar.

Risken för bakterietillväxt i rören, främst Legionella, beror mer på vattentemperaturen än val av rörmaterial. Även vattenkvaliteten har betydelse. Rörmaterial kan ha betydelse vid temperaturer mellan 25 – 45 °C, dock finns motsägelsefull information i litteraturen.

1. Bakgrund

Nya gränsvärden för maximalt kopparinnehåll i avloppsslam har införts från årsskiftet 2000-2001. Stockholm Vatten har svårt att klara dessa med nuvarande förhållanden och vill således minska kopparhalterna. I en utredning av Stockholms Miljöförvaltning hävdas att en mycket stor andel av kopparen i vattnet kommer från kopparrör för tappvatten där andelen kopparrör ökat successivt i och med att stammar bytts ut vid renovering av fastigheter. Erfarenheterna av alternativ till kopparrör i bostäder är mycket begränsade varför dessa måste undersökas noga och utvärderas innan ny teknik införs. Andra alternativ till koppar måste vara långsiktigt hållbara och inte ge upphov till andra miljöproblem.

Nedanstående rörsystem för tappvatten finns att använda idag:

- Koppar, stela eller böjbara. Mässingskopplingar eller lödda kopplingar används vanligen.
- Förnätad polyeten, s.k. PEX-rör, finns i dimension upp till 28 mm ytterdiameter (4 mm godstjocklek) med skyddsrör och upp till 63 mm ytterdiameter (8,7 mm godstjocklek) utan skyddsrör. Kopplas vanligen med mässingskopplingar.
- Polypropen, PPr, där r står för random. Rören är stela och svetsas ihop med speciella kopplingsdetaljer. Dimensioner mellan 16-110 mm ytterdiameter.
- Rostfria rör.

Valet av rörmaterial är mycket komplext vid betraktande ur ett livscykelperspektiv och ett stort antal faktorer och krav måste beaktas. Exempelvis skall ett rörmaterial klara krav på att:

- ej vara hälsofarligt, dvs inte avge farliga ämnen och inte befrämja påväxt av bakterier m.m. på rörväggarna samt inte framkalla allergiska reaktioner hos montörer eller användare (gäller blandare),
- ge en låg miljöbelastning vid tillverkning, byggande, drift och återanvändning/återvinning/deposition,
- ha tillräcklig hållfasthet för ändamålet och inte påverkas negativt av normalt förekommande ämnen eller höga temperaturer,
- ha god säkerhet mot vattenskador,
- ha god beständighet, dvs vara långsiktigt hållbart
- levereras som ett väl fungerande, lättinstallerat system med kopplingar, kramlor, armaturer m.m. som uppfyller samma krav som själva rörmaterialet,
- vara ekonomiskt försvarbart.

Vissa av funktionskraven finns reglerade i olika föreskrifter från Boverket, Stockholms stad och Stockholm Vatten AB. Givetvis kan ytterligare funktionskrav ställas upp och andra prioriteringar utföras.

Vid byggande av Hammarby Sjöstad vill Stockholms stad att alternativ till kopparrör för tappvatten tas fram och används. Erfarenheterna av alternativ till kopparrör i bostäder är mycket begränsade varför dessa måste undersökas noggrannare.

2. Mål och syfte

Målet för detta projekt är att erhålla ett bra underlag för att kunna optimera materialvalet för tappvattensystem i nya flerbostadshus, sett ur ett livscykelperspektiv och med beaktande av främst hälsofrågor, miljöanpassning, beständighet, säkerhet mot vattenskador och totalekonomi.

Syftet är att resultaten från projektet kommer att kunna användas vid projektering av nya bostäder och delvis andra byggnadstyper samt även vara vägledande för val av rörmaterial vid ombyggnad.

3. Genomförande

Projektet innehåller två olika delar:

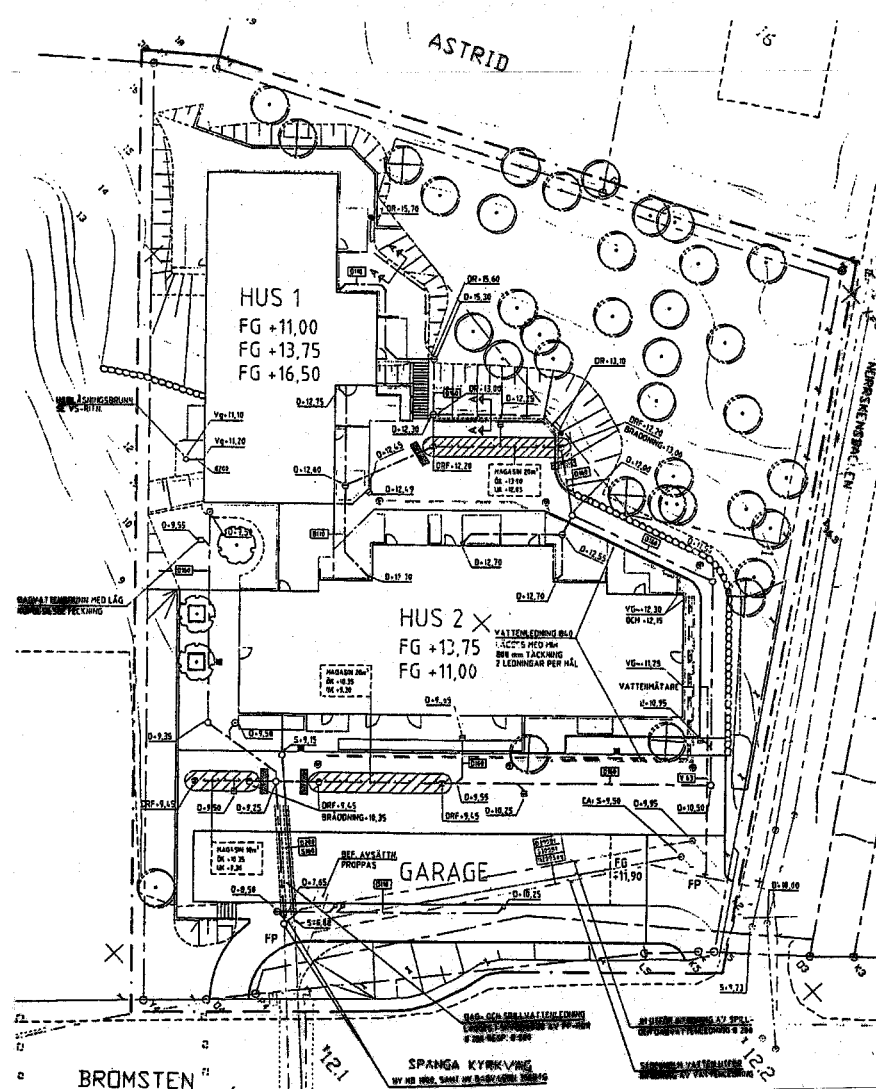
Praktisk installationsstudie vid byggande av flerbostadshus i kv Astrid, där system av olika rörmaterial installeras i delar av ett hus och jämförs med avseende på tidsåtgång och materialkostnader för färdiga tappvattensystem.

Sammanställning av tillgängliga relevanta och objektiva forskningsresultat avseende kunskapsläget för rörmaterial för tappvatten - förutsättningar, materialegenskaper m.m. Informationssökning har genomförts för materialen koppar, rostfritt stål, PEX och PP. Litteratursökning har utförts på Byggdok samt i ca åtta olika internationella litteraturlösningsdatabaser. Rapporten innehåller en sammanfattning av tillgänglig databasinformation i bilagor och övrig insamlad information via kontakter med branschfolk, forskare, via Internet m.m.

4. Resultat från provinstallationer i kv Astrid

4.1 Presentation av kv Astrid

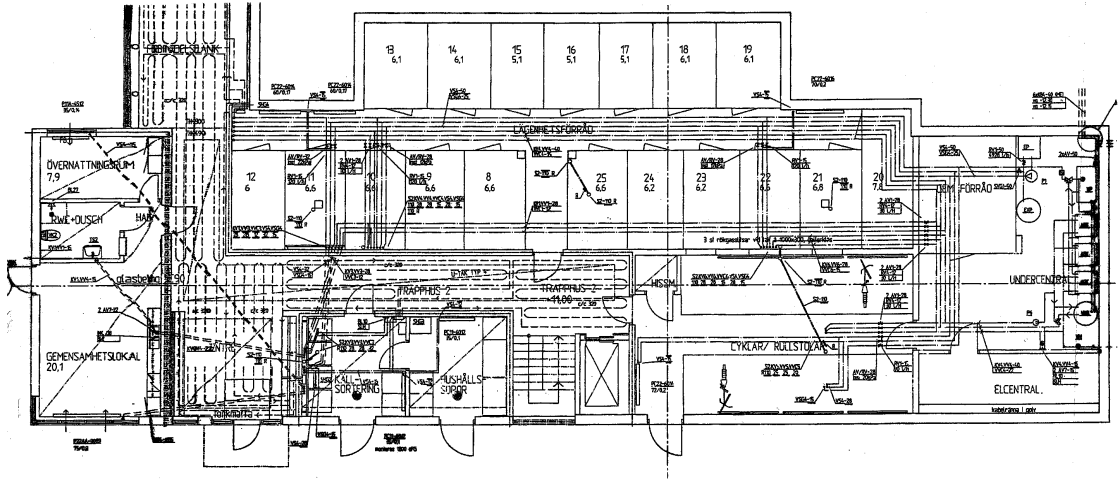
Under 1999/2000 uppfördes i kv Astrid 12 i Spånga 2 st flerbostadshus innehållande sammanlagt 25 lägenheter avsedda främst för äldreboende. I hus 2 enligt karta nedan har provinstallation genomförts med tappvattenledningar av olika material.



Kv Astrid 12 i Spånga, där provinstallationer genomförts i hus 2.

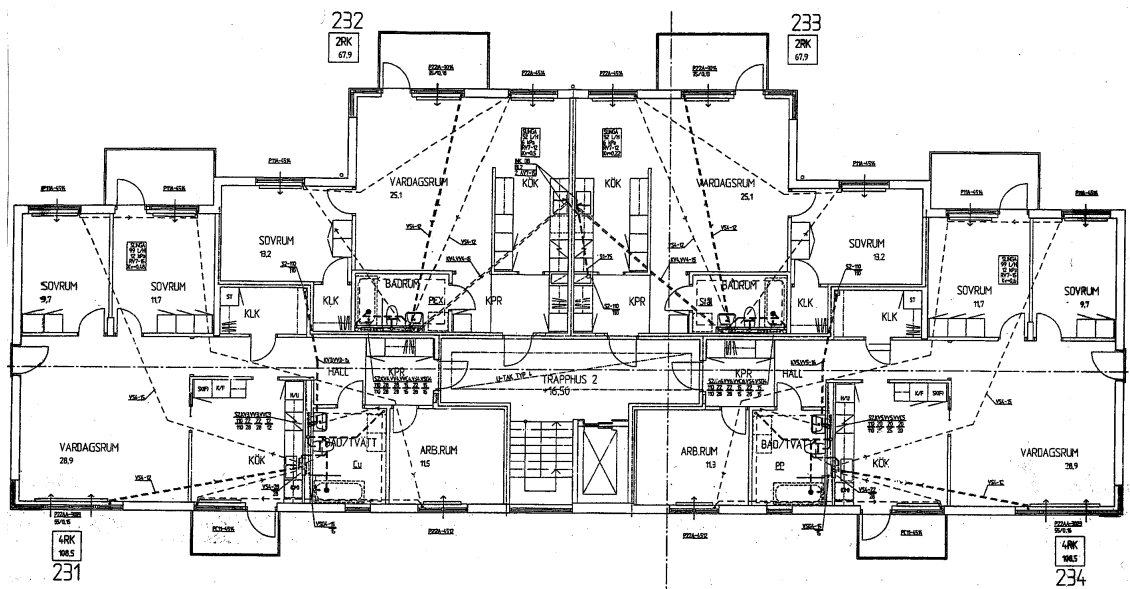
Tappvatteninstallationen i hus 1 utfördes helt med PEX-rör (förutom synlig rördragning i tvättstugor etc.) liksom försörjningsledningarna från undercentralen i hus 2. I hus 2 utfördes en tappvattenstam inkl lägenhetsinstallationer med PEX-rör. Övriga tre stammar utfördes som provinstallationer med tappvattenrör av koppar, polypropen (PP)

och rostfritt stål, varvid ledningar av dessa material drogs fram ända från undercentralen till ifrågavarande stam, se figur.



Kv Astrid 12, hus 2, källarplan med undercentral längst till höger.

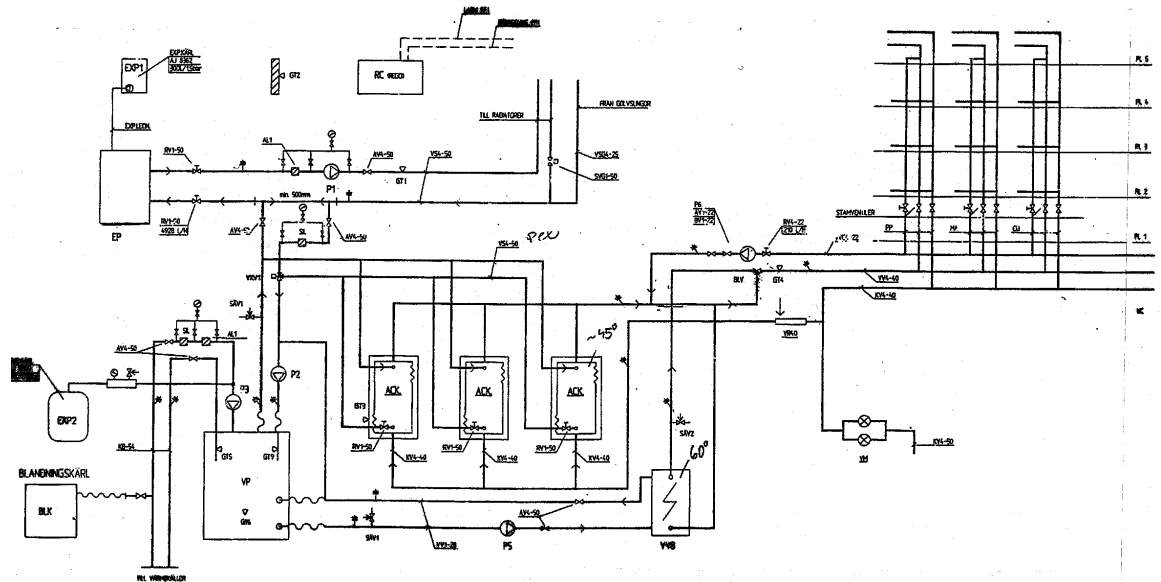
I våningsplanen förekommer ledningsdragningar (ingjutet) från badrum till kök respektive från badrum till klädkammare. Sådan rördragning kan ej ske med rostfria rör på grund av att de inte kan levereras i tillräckligt långa längder för att kunna förläggas skarvlöst. Ledningsdragningen ifråga har då i stället utförts med PEX-rör.



Kv Astrid 12, hus 2, plan 2. Tappvattenrör av koppar i lägenhet 231, av PEX i lägenhet 232, av rostfritt i lägenhet 233 samt av PP i lägenhet 234.

Tappvarmvattnet alstras inom undercentralen med en bergvärmepump via 3 st slingtankar (ackumulatorer) och 1 st spetsberedare kopplad till värmepumpens hetgas, se

nedan. Om värmepumpens effekt ej räcker till kan kompletterande värmning ske via en elpanna. Tappvarmvattensystemet är utfört med konventionell cirkulationsledning med pump (VVC).



Undercentral med tre slingtankar (ACK), en spetsberedare (VVB) samt elpanna (EP) och bergvärmepump (VP).



Varje ackumulatortank innehåller $4 \times 11 = 44$ m kopparrörsslinga genom vilka tappvarmvattnet passerar och spetsberedaren är därtill utförd med tank av kopparsilver. Även dessa kontaktytor mellan tappvarmvattnet och kopparsilver behöver elimineras för att förhindra utfällning av kopparsilver i tappvarmvattnet. Möjligheterna härför diskuteras närmare under punkt 4.11.

4.2 Allmänt om rörförläggningen i kv Astrid

Husen i kv Astrid är byggda med betongbjälklag som gjuts på plats i 5 cm plattbärlag som är prefabricerade och fungerar som form. I betongbjälklagen gjuts runda plasthylsor

in för kommande genomföring av värme- och tappvattenledningar. För spillvattnet används inte genomföringshylsor, istället gjuts korta avloppsrör in direkt vid bjälklagsgjutningen för senare skarvning på vardera sidan av bjälklaget. Värmeledningsrör av förnätad polyeten (PEX) dras till stor del ingjutna i bjälklagen liksom tappvattenrör från ”badrumsvåtväggen” till kök, tvättmaskin och separat WC. Denna ”bjälklags”-dragning har ej kunnat genomföras skarvfri med de rostfria rören, varför då istället PEX-rör använts.

Merparten av tappvattenrördragningen för respektive lägenhet sker i innervägg gränsande mot badrum, samma vägg gränsar i hälften av lägenheterna även mot lägenhetens kök. Dessa innerväggar utförs av gipsskivor på stålreglar. I väggarna monteras fixturer för WC-stolarna som samtliga är av vägghängd typ. Därtill monteras plywoodskivor eller dylikt som förstärkning av gipsskiveväggarna där tvättställ och badkarsblandare etc. skall monteras. Inne i innerväggarna fäster rörmontörerna även vissa träreglar vid vilka tappvattenledningarna fästs med ”patentband” eller rörklammer av plast för att förhindra ”slag”. All anslutning av tappvattenarmatur sker utanpå innerväggarna. Varm- och kallvattenrör ”sticker ut” från väggen med fixerat c/c-avstånd och ”skarvningen” mellan armatur och rör sker utanpå väggen. För PEX respektive polypropenrör finns särskilda vinklar med påsatta förkromade mässingsrör för dessa ”armaturutstick”, vid rostfria rör utförs armaturutsticken som en del av föregående kopplingsledning.

Flera av bjälklagsgenomföringarna för rören har vid gjutningen hamnat något snett, vilket medfört att rören något ”vindlar sig” upp genom huset till skillnad mot vid konventionell slitsförläggning. Dessa böjningar tas naturligt upp av PEX- respektive PP-rören, de rostfria tappvattenstammarna kan böjas för hand under det att kopparstammarna måste värmas före böjning. Utförandet ifråga framtingar skarvning av de raka koppar- respektive rostfria rören. (För de gjutna MA-spillvattenstammarna tas riktningförändringarna upp av MA-svepen.) Två exempel på innerväggsutförandet visas nedan:



Väggförlagd MA-stam före väggregelresning.



Stålregelvägg mellan kök och badrum före gipsskiveinklädnad.

4.3 Logistik

Rörentreprenörens huvudgrossist för projektet är Dahl, vilka dock vid projektstarten ej kunde leverera PEX-rör, varför dessa trots den stora omfattningen på leveransen istället måste köpas från Stockholms Rörsmide (Dahl har senare börjat lagerföra även PEX-rör). PP-rören inhandlades av motsvarande skäl från grossisten GG-Carat och de rostfria rören från Ahlsell.

Materialberedningen och beställningar etc. handlades av ansvarsmontören på plats, beställning skedde främst per telefon. Visst material som akut saknades vid montage köptes via Ahlsells hämtlager i Lunda industriområde. Uppdelningen på så många leverantörer är förkastlig ur effektivitetssynpunkt, men får anses vara framtvungad av de olika rörmaterialen i FoU-projektet.

Leveransform / leveranstid

Koppar:

5, 5 m långa raka rör samt prisolrullar, leverans inom ett dygn (fabrikat Outokumpu).

PEX:

Rullar om 16 m upp till dimension 16 mm, däröver raka längder om 5m, 3-5 dagars leveranstid (eget byggplatslager har lagts upp, fabrikat Rehau).

PP:

Raka längder om 4 m (Bör levereras inplastade för att ej ta skada), leverans inom ett dygn (fabrikat Retherm).

Rostfritt:

Raka längder om 6 m, två veckors leveranstid, rördelar av alla de slag levereras löst i kartong (fabrikat Mannesmann).

Byggplatshantering

Montörerna har fått lagra material och verktyg etc. i den blivande undercentralen, samt i källargången utanför, se nedan:



Mot slutet i rörbranschens logistikkedja: mellanlagring i undercentral och källargång.

4.4 Skarvningsförfarande

4.4.1 Kopparrör

(fabrikat Outokumpu)

Kopparrören kapas med rörkniv (=trissa) eller vid grövre dimensioner med bågfil. Skarvningen sker med lödning. Grader tas bort från rörändarna med vanlig kniv (alternativt brotsch) innan T-rör eller vinklar träs på för lödning. När rör endast skall skarvas dronas ena röränden upp med en vanlig kalibreringsdorn så att den andra röränden kan skjutas in i det uppdronade röret för lödning. Kopparlod påföres manuellt vid hårdlödning (smärgling med smärgelduk dessförinnan vid behov).

Föravstängningsventiler (Ballofix kulventiler) monteras med kompressionskoppling varvid stödhylsa monteras inne i kopparröret och kopplingens tätningsring bestryks med gängpasta före åtdragning av kopplingen. Kopparrör upp till dimension 22 mm kan bockas i vanlig bockapparat. Viss bockning kan även ske ”för hand”, raka rör måste dock värmas dessförinnan.

Avsikten var från början att använda isolerade Plus-Prisolrör för stammarna. Bjälklagsgenomföringarnas plasthylsor var dock för små, varför istället raka kopparrör användes. De verktyg som används för kopparrören är: rörkniv, vanlig kniv, bågfil, kalibreringsdorn, smärgelduk, svetsaggregat, gastuber (rörmontagets största och tyngsta ”verktyg”) och polygriptång.

Nedan återges några bilder från kopparrörsmontaget:



Kopparrören värms,

så att stammen kan böjas rak.



Kapning sker med rörkap (trissa), varefter rörändarna dornas upp (kalibreras) före



skarvning med lödning.

Färdigt kopparrörsmontage före innerväggsresning.

4.4.2 PEX-rör (fabrikat Rehau)

PEX-rören kapas med rörsekatör, före skarvning träs en påskjutshylsa utanpå röret varefter rörändan dornas upp med samma kalibreringsdorn som för kopparrören dock försedd med ”PEX-rörs-huvud” i rätt dimension. PEX-röret träs sedan över den räflade rörkopplingen varefter ytterhysan pressas över röret och kopplingen med ett hydrauldrivet pressverktyg, vilket för mindre dimensioner drivs med en hydraulfotpump och för större dimensioner med en motordriven hydraulpump. Skarvningsarbetet kan utföras ensam, men det kan ibland vara praktiskt att arbeta två tillsammans istället. Klenare rör kan böjas med böjradier på några decimeter under det att vinklar måste användas för grövre rör. Nedan återges några bilder från montaget av PEX-rör:



PEX-rör kapas med rörsekatör och dornas upp med kalibreringsdorn (hitom montören ovan).



PEX-rörändan träs på kopplingen, varefter ytterhylsan pressas på med hjälp av ett fotpumpsdrivet hydraulpressverktyg.



För grövre dimensioner drivs hydraulpressverktyget med motordriven pump.

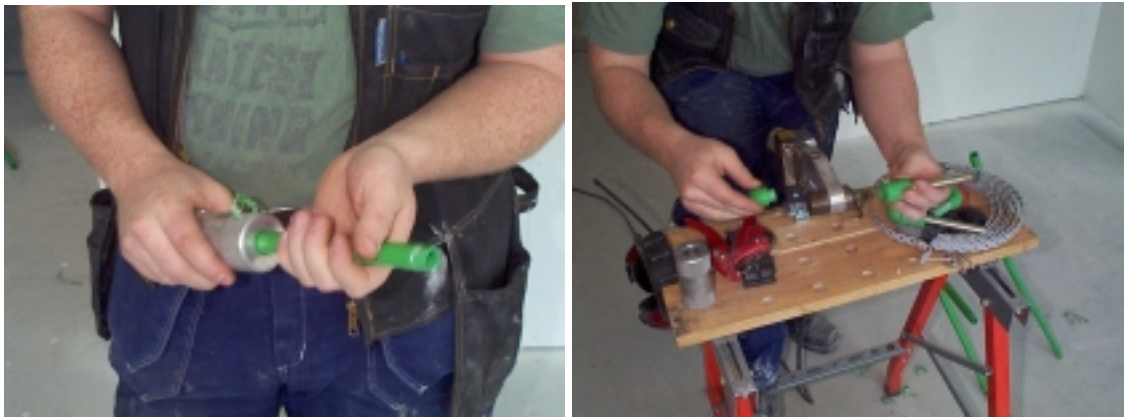
PEX-rörsmontage i källarstråk, PEX-rördelarna kräver mer utrymme än de övriga rörmaterialens delar.

4.4.3 PP-rör (fabrikat Retherm)

Polypropenrören (PP-rör) kapas med samma rörsekatör som för PEX-rören. Före skarvning bortbrottschas en yttre aluminiumfolie (under ytterplasten) från rörändan.

Aluminiumfolien har till uppgift att minska längdexpansionen. Skarvning sker med rördelar av samma plast. Både rör och rördel värms 7 – 8 sekunder i ett Aquatherm elvärmeverktyg, varefter rör och rördel pressas samman inom 4 sekunder. Erforderlig uppvärmningstid varierar något med rördimensionen. Därefter måste skarven svalna i 3 minuter innan ifrågavarande rör kan bearbetas ytterligare. Som alternativ till använt elvärmeverktyg finns en större svetsmaskin. Tidsgränserna är snäva och det förorsakar stort merarbete om de ej innehålls, varför det upplevs som svårt att arbeta ensam med skarvningen. Rören kan böjas fritt utan verktyg med radier på några decimeter.

Några bilder från montagearbetet med PP-rören återges nedan:



Röränden brotschas med en rörbrotsch, varefter rörände och koppling värms i elvärme-



verktyget innan de skjuts samman till färdigt montage.

4.4.4 Rostfria rör (fabrikat Mannesmann)

De rostfria rören kapas med rörkniv (trissa) på samma sätt som kopparrör varvid dock rörknivens skär måste vara avsedda för rostfria rör. Efter kapning brotschas rören på utsidan med en rörbrotsch. Skarvning sker med gummiringsförsedda rördelar. Rördelen ifråga träs på röret varefter rördelen ”pressas samman” över röränden med ett

motordrivet pressverktyg (MA-press). Verktöget är stort och tungt och det kan i vissa fall vara svårt att komma åt, varför lämpliga delmontage lämpligen sätts samman ”i det fria” innan de monteras på plats. Några bilder från montaget återges nedan:



Rostfri stam ovan bjälklagsgenomföring.



Rostfria T-rör med gummiringssmuff.



Elddrivet pressverktyg för rostfritt, tämligen stort, används (ovan) helst ”i det fria”.



4.5 Pendling i källarstråk

I källarstråken hängs rören i vanliga rörpendlar av samma slag för alla fyra rörtyperna. PP-rören måste dock pendlas tätare (var 60:e cm) än de övriga rörtyperna. Upphängningen av PEX-rören blir jämförbar med metallrör eftersom rören förläggs i en halvcirkelformad rörskena (från PEX-rörkopplingstillverkaren REHAU), som kan ta upp PEX-rörens diametrala expansion. Själva rörsvepen som fäster rören vid pendlarna är av koppar för kopparrören, rostfria för de rostfria rören samt gummibeklädda för PEX- och PP-rören.

Några bilder från källarstråken återges nedan. Notera att PEX-rören tar större plats än övriga rör på grund av att rörkopplingarna ”bygger mer”.



Rörstråk av koppar, rostfritt respektive PEX i källartak. Längst ned till höger ses de gummiringssupphängda rörskenor i vilka PEX-rören vilar.

4.6 Kompletteringsarbeten

Kompletteringsarbetena, dvs monteringen av utrustningen inne i badrum och kök utförs ej förrän under sommaren. I badrummen blir det dock ingen skillnad mellan de olika rörmaterialen och under diskbänkarna förekommer enbart korta rördragningar, varför det är tveksamt om kompletteringsarbetena för projektet tillför något utöver vad som ovan redovisats.

4.7 Idrifttagning

Rören provtrycktes sektionvis (10 bar i minst 2 timmar) före idrifttagning innan innerväggarna täcks med gipsskivor på båda sidorna. Rörutsticken in till badrum och kök är därvid ”proppade”. De fabrikstillverkade rörutsticken för främst PEX och PP har utsticksänden igensatt redan från fabrik (avkapas vid kompletteringen). Två läckage upptäcktes, båda på PP-rör. Det första läckaget upptäcktes vid provtryckning och det andra läckaget upptäcktes i en färdigställd lägenhet där fuktskador började uppträda. Läckan lokaliserades till en bristning i en PP-skarv mellan rör och anslutningsvinkel ut till tvättmaskin, se bild. Orsaken till bristningen är ej klarlagd, av oturliga skäl hade skarven ifråga ej provtryckts på grund av att en ballofixventil till ledningen ifråga varit stängd vid provtryckningen. Skadan kunde åtgärdas genom att frilägga skarven från hallen – viss parkett fick läggas om och hallväggen återställas mm, se nedan.



I väggen ovan läckte det, vilket kunde åtgärdas utifrån hallen.

4.8 Arbetsmiljö

Rörmontörernas sedvanliga arbetsmiljöproblem med obekväma arbetsställningar förekommer här liksom på övriga byggarbetsplatser. PEX- och PP-rören upplevs som lätthanterligare än koppar och rostfritt vid transport på arbetsplatsen. De rostfria rören är lite tyngre än kopparrören.

Elvärmaren för PP-rören medför brännskaderisker liksom kopparrör som värmts för bockning eller lödning. De rostfria rören är smutsande i sig själva ("man blir svart om händerna") och även de kopparrör som värmts är smutsande. Inga klagomål på kontakteksem etc. framfördes av någon rörmontör på byggsplatsen.

Pressverktyget för de rostfria rören upplevs som tungt och otympligt. Montaget av PEX-rören upplevs som lite obekvämt genom att många olika verktyg används varvid vissa delar behöver växlas mellan olika rördimensioner.

4.9 Rörentreprenörens utvärdering av rörmaterialens egenskaper

Rörentreprenören har för de fyra rörmaterialen via en särskild utvärderingsblankett och intervju fått lämna uppgift om: montagetid, materialkostnad, totalkostnad, montage, montagevana, säkerhetskänsla, arbetsmiljö, logistik, erforderliga specialverktyg samt kommentarer i övrigt, se tabell. För PEX-rör finns ett flertal olika fogningsmetoder med skilda egenskaper/kostnader. Uppgifterna i tabellen avser helt förhållandena vid entreprenadgenomförandet för kv Astrid och får ej utan vidare generaliseras. Referensgruppsmedlemmen Bo Lindholm har dock tillhandahållit siffrorna angivna inom parentes såsom varande mer generellt giltiga när hela byggprojekt genomförs med ett och samma rörmaterial med montörer vana med materialet.

	Egenskap	Koppar	PEX	PP	Rostfritt
1.	Montagetid (timmar)				
A	Källarstråk (per meter)	0,2	2,9 (0,4)	0,6 (0,4)	0,4
B	Stammar (per stam inkl stick)	24	48	60 (48)	36
C	Komplettering (per lägenhet)	8	14 (10)	16 (12)	12 (10)
2.	Materialkostnad (kr)				
A	Källarstråk (per meter)	280	350	570	1 140
B	Stammar (per stam)	37 000	54 700 (43 000)	43 000 (55 000)	50 300
C	Komplettering (per lägenhet)	7 850	13 400 (?)	9 700	12 400
D	Kostnadsandel rördelar (%)	55	62	52	50
3.	Totalkostnad (kr) (Montage 227 kr per timme + material)				
A	Källarstråk (per meter)	330	1010 (440)	710 (660)	1 230
B	Stammar (per stam inkl stick)	42 400	65 600 (54 000)	56 600 (66 000)	58 500
C	Komplettering (per lägenhet)	9 700	16 600 (15 000)	13 300 (12 500)	15 100 (14 700)
4.	Montage (1 = svårt, 5 = lätt)				
A	Källarstråk	5	4	2	5
B	Stammar	5	2	1	5
C	Komplettering	5	2	1	5
5.	Montagevana (1 = aldrig, 5 = ofta)	5	1	3	1
6.	Säkerhetskänsla (1 = dålig, 5 = bra)				
A	Källarstråk	4	4	2	4
B	Stammar	4	4	1	4
C	Komplettering	4	4	1	4
7.	Arbetsmiljö (1 = dålig, 5 = bra)				
A	Källarstråk	5	4	3	4
B	Stammar	3	3	2	3
C	Komplettering	3	3	2	3
8.	Logistik (1 = lev.tid > 2v, 5 = lagervara.)	5	3 (finns ej fullst. lagerfört)	5	2 (finns ej fullst. lagerfört)

	Egenskap	Koppar	PEX	PP	Rostfritt
9.	Specialverktyg, Antal och typ	2 (kalibreringsdorn samt svetsaggregat inklusive gastuber)	3 (rörsekatör, kalibreringsdorn samt fot- eller maskin-driven hydraulpress)	3 (rörsekatör, kalibreringsdorn samt elvärmad spegelsvets)	2 (rörbrottsch samt motordrivet pressverktyg)
10.	Övriga kommentarer	Enkelt och lättarbetat	Hög materialåtgång, sladdrigt, utrymmeskrävande, tidskrävande	Hög materialåtgång, sladdrigt, utrymmeskrävande, tidskrävande	Enkelt, lättarbetat, dyrt

Som framgår av tabellen är installationskostnaden markant lägre för kopparrör än för de övriga rörmaterialen och det är enbart de rostfria rören som montörerna anser är lika lättmonterade som kopparrören. Säkerhetskänslan för montage av PP-rör upplevs vara markant lägre än för de övriga materialen, osagt om läckagens lokalisering till just PP-rör skall sammankopplas med det.

4.10 Utseendemässigt slutresultat

Inflyttning i hus 2 skedde under senare hälften av september år 2000. Några exteriör- och interiörbilder från mitten på september framgår nedan.



Provhusets (= hus 2) fasad mot gatan samt gården mellan hus 1 och 2.



Färdigt kök respektive badrum.

Tappvatteninstallationen med den horisontella rördragningen förlagd inne i badrumsväggen ger en prydlig installation i badrummen med få synliga rör. Utifrån de i badrummen synliga rören är det ej möjligt att avgöra om tappvattnet levereras via koppar-, PEX-, PP- eller rostfria rör, fördenskull måste en inspektionslucka öppnas. Såsom rören förlagts krävs vid ett framtida stambyte att ytskiktet på väggen med rördragningen rivs från badrumssidan så att de gamla rören kan tas bort och nya rör monteras, dvs stambyten kombineras med en samtidig förnyelse av ytskikt i badrummen. Även i källarstråken är det svårt att se någon skillnad mellan de olika rörmaterialen eftersom rören i färdigt skick är värmeisolerade och klädda med plastplåt. Att en provinstallation föreligger avslöjas dock genom att det går fler rör än brukligt strax under källartaket.



Färdig överisolerad rördragning i källartak.

4.11 Möjligheter till eliminering av kopparförekomst i undercentralens apparater

Som nämnts under punkt 4.1 finns i undercentralen 3 st slingtankar (ackumulatorer) och 1 st spetsberedare för tappvarmvattenberedningen, där varje ackumulatortank innehåller $4 \times 11 = 44$ m kopparrörsslinga genom vilka tappvarmvattnet passerar och spetsberedaren är därtill utförd med tank av koppar. Även dessa kontaktytor mellan tappvattnet och koppar behöver elimineras för att förhindra utfällning av koppar i tappvattnet. I de värmeöverförande apparaterna är det dock ej möjligt att bara ersätta kopparsnåren med annat material eftersom koppar har helt överlägsna värmeledningsegenskaper jämfört med de övriga provade rörmaterialen. Därtill är plaströrsväggarna av hållfasthetstekniska skäl betydligt tjockare än metallrörsväggarna, vilket ytterligare ökar rörväggens värmemotstånd.

Enligt uppgift från tillverkaren av bergvärmepumpen svarar den för minst 90% av energibehovet för tappvarmvattenberedningen under det att resterande direktelvärmis i spetsberedaren. Inkommande kallvatten håller ca 10 °C och värms i slingtankarna till minst 50 °C varefter spetsberedaren svarar för förekommande resterande uppvärmning upp till 55 °C. Om kopparrören i slingtankarna bara skulle ersättas med plaströr lika långa som kopparrören skulle tappvarmvattnet i slingtankarna bli betydligt kallare än 55 °C och spetsberedaren skulle få svara för merparten av tappvarmvattenvärmningen. Detta skulle ge flerfaldigt högre elförbrukning för tappvarmvattenberedningen enär den förlorade värmningen via värmepumpen sker med en verkningsgrad av storleksordningen 300%.

I nedanstående tabell anges värmeledningstal och närmast jämförbara rördimensioner för de provade materialen.

	Värmeledningstal λ W/m ² °C	Vägg tjocklek, mm	Innerdiameter, mm
Koppar	395	1,2	25,6
Rostfritt stål	17	1,5	25,0
PEX-rör	0,35	4,4	23,2
PP-rör	0,17	4,5	23,0

För ett tappvarmvattenrör i en slingtank kan det vara rimligt att räkna med värmeövergångskoefficienten $\alpha \approx 10000$ W/m²°C på insidan och $\alpha \approx 500$ W/m²°C på utsidan. Beräknat med angivna förutsättningar skulle rostfria rörslingor behöva vara 5% längre än kopparslingorna under det att PEX- och PP-slingor skulle behöva vara 7 respektive 14 gånger längre än kopparslingorna för att ge samma värmeeffekt för tappvarmvattenberedningen.

I förhållande till den totala invändiga tappvattenrörytan i kv Astrid är rörytorna i tappvarmvattenberedare/ackumulator tämligen små, dvs byte till annat rörmaterial än koppar bara ute i själva rörsystemet ger ändå en avsevärd reduktion av tappvattnets kopparexponering. Likafullt avges koppar till tappvarmvattnet i anslutning till varmvattenberedningen. Detta bör kunna reduceras genom byte till t ex rostfria rör och cisterner i undercentralen. Byte till plaströr i slingtankar förefaller av utrymmesskäl orealistiskt.

5. Olika material i tappvatteninstallationer - vad vet vi idag?

Information från litteratursökningen i Byggdoks och internationella litteraturlitdata, intervjuer och sökning på Internet har sammanfattats i detta avsnitt och delats upp i olika ämnesområden och rörmaterial.

Bilagda litteraturlistor är utvalda ur sökresultatet och uppdelade på källförteckningar där olika rörmaterial jämförs samt i stålrör, plaströr och kopparrör. Bakterielitteratur har listats i en egen källförteckning. Erfarenheter av rör i mark har tagits med där det bedömts att informationen även kan nyttiggöras för användning i hus.

5.1 Miljöpåverkan

Vid värdering och mätning av tappvattensystems miljöpåverkan är det en rad faktorer som man ska ta hänsyn till. Rörmaterial, rör och rördelsproduktion ses över, systemkomponenter, isolering och installation skall beaktas. Beträffande belastning på den yttre miljön av dricksvattenrör i hus så finns information om rörmaterialen i sig. Kompletteringar med systemkomponenter m.m. kan vara svårare att finna.

Bakgrund till de strängare gränsvärden för koppar i åkermark, rötslam m.m. ligger utanför denna litteraturstudie.

Stockholms Miljöförvaltning och Stockholm Vatten har utfört sammanställningar över olika rörmaterials lämplighet för användning i Hammarby Sjöstad. Underlag för dessa bedömningar redovisas inte i sammanställningen (Hådel och Jonsson 1998). I samband med Hammarby Sjöstad har också en miljövärderingsmetod tagits fram, den s.k. Miljöbelastningsprofilen, MBP. De olika rörmaterialens miljöbelastning har bedömts med hjälp av denna metod med resultat enligt figur 5.1. Beräkningarna avser rörmaterialtillverkning från råvara till fabriksgrinden. Den funktionella enheten valdes till 100 m rör med samma innerdiameter, dvs var avsedda för samma vattenflöde. Beräkningarna grundar sig på livscykeldata för de olika materialen, i rätt kvalitet så långt som möjligt, se textrutan nedan. För rostfritt stål fanns LCI-data inte tillgängligt varför värden på tunnplåt användes i stället och stålrörsvärdena skall troligtvis vara högre. Livscykelstudier pågår och data förväntas finnas i början på år 2001. Det ska också sägas att miljöbelastningen från tillverkningen i hög grad beror på vilka energislag som använts för t.ex. smältning av malm.

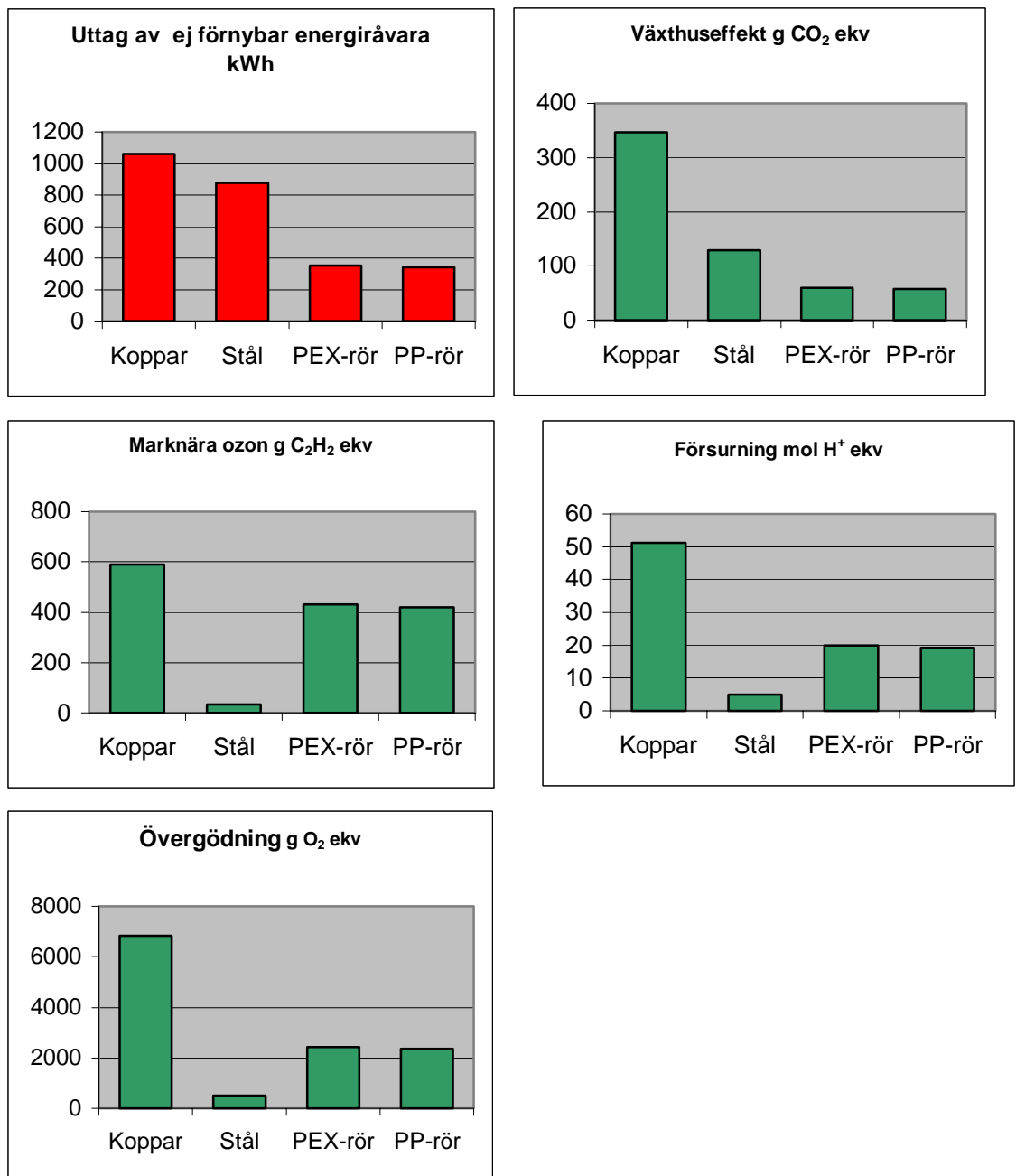
Beräkningsförutsättningar för miljövärdering med MBP:

LCI av koppar - J. Krüger, G. Rombach et al : " Sachbilanz einer Ökobilanz der Kupfererzeugung und verarbeitung, Teil 1" Metall 49 No 4 (1995)

LCI av stål - Värden från utvinning till tunnplåt (exklusive legeringsämnen etc.) ges av SBI och Jernkontoret (1997).

LCI av PEX - Värden från utvinning till PE ges av PWMI (1993b) Energianvändningen har räknats om så att feedstockenergin till viss del räknas till energianvändningen.

LCI av PP- här har samma data som för PE använts.



Figur 5.1. Miljöbelastning för materialproduktion från vaggan till fabriksgrinden i form av miljöpåverkan för olika miljöeffektkategorier för de fyra olika rörmaterialen beräknat med Stockholms Stads Miljöbelastningsprofil.

I en artikel av Svensson, 2000, jämförs rörmaterialen ovan för 1 m rör med 32 och 100 mm diameter, med en annan miljövärderingsmetod, Eco-indicator 99 Manual for designers. Man har studerat hur rören belastar miljön från vaggan till graven vad avser emissioner och resursanvändning och dess effekter på människors hälsa, det ekologiska systemets kvalitet och naturresurser. Dessa tre skadekategorier har sedan viktats.

Resultatet från denna studie visar lägst miljöpåverkan för de lätta materialen, dvs plasterna, sedan stål och störst för koppar. Värdet för rostfritt stål påverkas i hög grad av kvaliteten och det är viktigt att halten legeringar hålls nere.

Nordiska plaströrsgruppen har med hjälp av ett danskt konsultföretaget genomfört en LCA-studie av rörmaterial i mark av PVC, PE, PP och betong, vilken sammanfattats i (Nordiska Plaströrsgruppen 1997). Studien var inriktad på grövre rör i mark, men resultaten borde kunna användas för tunnare rör också. Huvudrapporten bygger på en miljövärdering av en meter rör med två olika diametrar, 110 (för betong diameter 150 mm) respektive 250 mm. Man har studerat hur rören belastar miljön vad avser växthusgaser, försurning, näringsämnesbelastning, bildandet av fotokemisk ozon, smog, samt toxiska effekter på människors hälsa och ekologiska systemet från "vaggan till graven". Rapporten inbegriper även arbetsmiljöfrågor, vilket är sällsynt i miljövärderingsstudier. Enligt rapportens resultat bidrar lägnings- och driftskedet till den absolut största delen av ett vattenrörs miljöbelastning och energiåtgång. Detta skiljer dock för rör i hus. Den näst största miljöbelastningen kommer från läckage från rör, främst att avloppsvattnet förorenar grundvattnet. Rörens livslängd samt återvinningsgraden är andra parametrar som har stor betydelse och kan minska skillnaderna mellan materialen.

Koppar

Koppar har relativt hög återvinningsgrad. Mängden återvunnen koppar i världen är svår att beräkna eftersom en del av den raffinerade kopparn innehåller metall och officiell statistik vanligen inte inkluderar den metall som återvinns inom smältverks- och bearbetningsindustrin (Landner och Lindeström, 1998).

Koppar har klassats som ett miljöfarligt ämne av Kemikalieinspektionen. Koppar i tappvattensystem kan leda till problem vid korrosion. Det är oftast en liten del av den totala kopparhalt man analyserar i vatten, jord eller sediment som är i biologisk tillgänglig form men vissa organismer, framförallt bakterier och akvatiska växter kan påverkas negativt redan vid ytterst låga halter av tvåvärda kopparjoner (biologisk tillgänglig form) (Sternbeck, 2000).

Höga halter av koppar påverkar fiskars förmåga att föröka sig. Ackumuleringen av Cu i abborre i olika nordsvenska sjöar har visats öka starkt då halterna i vattnet överstiger ca 2 µg/l (Lithner m.fl., 1995; Borg, 1997).

I häftet "Kopparflödet måste minska" (Stockholms stad, 2000) står det att koppar som ackumulerats i mark och sediment kan ta lång tid på sig innan det syns men på lång sikt kan mikrolivet (bl.a. bakterier och svampar) ta skada och därmed störs organismernas förmåga att bryta ned och omvandla växtdelar vilket i sin tur leder till att markens produktionsförmåga minskar. I vatten däremot, kan man få snabba och plötsliga effekter av höga kopparhalter i dess giftigaste form när mikroorganismernas och ekosystemets egen förmåga att binda koppar och att skydda sig mot koppar är uttömd. Då kan halterna stiga så snabbt att flera arter hamnar i riskzonen och även fiskars reproduktion kan ta skada.

Eftersom koppar är ett ur miljösynpunkt problematiskt material så borde man rent principiellt på sikt byta mot ett lämpligare men att konsekvenserna av ett utbyte först måste utredas (Hedberg m.fl., 1996).

Rostfritt stål

Rostfritt stål definieras vanligen som järn med tillsats av minst 12 % krom (Rydne, Zetterberg, 2000). Materialet har vid normal användning mycket lång livslängd och rostar inte om kvaliteten väljs efter miljöförutsättningarna.

Återvinningsgraden för rostfritt stål är något lägre än för koppar (Sanitär+ Heizungstechnik 1995).

PEX

PEX-ledningar är gjorda av förnätad polyeten. Polyeten är en kolväteförening tillverkad av råolja eller naturgas. Livslängden för PEX är bedömd till över 50 år (Wirso 1999, Berg 2000). Vid fullständig förbränning av materialet bildas enbart koldioxid och vatten (Wirso 1995).

I dagsläget återvinns inte PEX men det finns metoder för det som kan komma att användas i framtiden (Lars Hoving, 2000). Detta beror delvis på att materialet är ganska nytt så att gamla rör ännu inte har förbrukats samt på att det inte blir så mycket spill vid montering.

PP

Polypropen är en termoplast. Beräknad livslängd är över 50 år (källa?). Råvarorna för PEX och PP är ungefär desamma.

PP-rör har stor återvinningspotential. I Sverige finns sedan 1996 ett system infört av Nordiska plaströrsgruppen för återvinning av rörfall av PVC, PE och PP. Rören samlas först in, transporteras till en återvinningsstation, sorteras, krossas och mals för att slutligen användas på nytt för tillverkning av nya produkter. En tysk artikel i Heizung Lueftung, "Trinkwasserrohre durch Recycling entsorgt" (förf. okänd, 1998) redovisar att granulat sedan kan användas för motorkåpor, hushållsartiklar m.m.

5.2 Hälsfrågor

Kranvatten klassas som livsmedel och myndighetskrav finns. En homogenisering av kraven sker nu inom EU. Det s.k. dricksvattendirektivet ska tillämpas (DWD 98/83/EC) av alla medlemsstater. Ett European Acceptance Scheme (EAS), dvs ett slags typgodkännande, för produkter ingående i dricksvattensystem är under utveckling för att träda i kraft om ca 4-5 år (Chaboussant och Jönsson, 2000)

Hälsorisker med dricksvattenrör i bostadshus är främst avgång av hälsofarliga ämnen från rören samt bakteriell tillväxt på rörväggarna, då främst Legionella. I gränsskiktet

mellan röryta och vatten, i den s.k. biofilmen, återfinns den mest gynnsamma miljön för mikrobiell tillväxt. Heterotrofa bakteriers tillväxt på ledningssystemet beror på förekomst av speciella näringsämnen i vattnet som kan utnyttjas av olika mikroorganismer. Dessa näringsämnen kan antingen komma från råvattnet, från ledningsmaterial och installationer eller från vattenbehandlingen i vattenverken och bidra till att skapa näringsförutsättningar för en biofilmsutveckling. Olika hälsorisker vid installationer av tappvattensystem är en annan aspekt att ta hänsyn till.

Legionella

Legionella är namnet på en familj av bakterier som finns naturligt i små mängder i vatten och mark. Bakterien är vilande vid temperaturer under 20 °C och dör över 50 °C, mellan 25-45 °C sker tillväxt. Installationer för varmvatten skall utformas så att lägst 50 °C varmvattentemperatur erhålls vid tappstället och minst 60 °C i beredaren (Boverkets Författningssamling, BFS 1995:17).

Spridning av legionellabakterier sker genom vattendimma (aerosol) som uppstår där vattenstrålar slås sönder, t.ex. vid duschning. Detta kan leda till att bakterierna kommer ner i lungorna, något som krävs för att man ska bli sjuk. Att dricka legionellahaltigt vatten anses inte farligt. Legionellabakterier kan orsaka två olika sorters sjukdomar: Legionärsjuka (lunginflammation) samt Pointiacfeber (influensa).

Exempel på tappvatteninstallationer i bostadshus där legionellabakterier kan tillväxa är i beredare där inte hela vattenvolymen kan värmas upp till temperaturer över 50°C, i beredare där avlagringar (rost, smuts mm) finns, i ledningsdelar där vattnet blir stillastående samt på eller i material som möjliggör tillväxt av bakterier, t.ex. vissa organiska material.

Det finns tre huvudmetoder för att undersöka den mikrobiella tillväxten på olika material (källa?):

1. Stationära metoder där ett infekterat material förvaras i ett vattenfyllt glaskärl och där sedan avdöningen eller tillväxten av mikroorganismer studeras.
2. Dynamiska metoder där parallella rörsystem av olika material byggs upp. Rörsystem infekteras och spolning av systemen utförs efter ett fastställt schema.
3. Odling under mikroskop där utvecklingen av levande bakterier på olika material studeras i realtid.

Huruvida valet av material i tappvattenrör påverkar tillväxten av Legionellabakterier och andra mikroorganismer har diskuterats och olika uppfattningar finns avseende biofilmbildning, bakterietillväxt m.m. för de aktuella rörtyperna.

Tillväxtstimulering av bakterier i dricksvatten beroende på vattnets näringsinnehåll och ledningsmaterial (stål-, koppar- och cementrör) har utförts vid Statens bakteriologiska laboratorium (Stenström, 1991 och 2000). Dels kan rören beläggas med en inre skyddsbeläggning, dels kan vattnet angripa materialen vilket kan leda till en kraftig mikrobiell tillväxt samt en biofilmsutveckling. Polyetenrör kan variera kraftigt i fråga

om tillväxtbefrämjande egenskaper, beroende på tillverkningsprocess. Vissa packningsmaterial av gummi, silikon och polysulfider har givit en mycket hög tillväxt av mikroorganismer. I artikeln understryks också att vattnets organiska halt och sammansättning tycks spela en större roll för den mikrobiella tillväxten än själva materialsammansättningen och att temperaturen på vattnet har störst betydelse. Vid temperaturer under 20 °C och över 55 °C har materialvalet inte någon betydelse enligt jämförande studier vid Smittskyddsinstitutet (Stenström, 2000).

(Percival, Knapp, Edyvean och Wales, 1998) redovisar i två vetenskapliga artiklar i Water Research, undersökningar om tillväxt av biofilm på rostfria rör:
 Biofilm development on stainless steel in mains water (Jan. 1998)
 Biofilms, mains water and stainless steel (Jul. 1998).
 Artiklarna redovisar undersökningar efter 12 respektive 24 månaders användning för två olika stålqualiteter (grades 304 och 316). Efter 24 månader skilde sig inte de två stålqualiteterna nämnvärt åt. En biofilmstillväxt kunde skönjas och en anrikning av metalljoner uppmättes i biofilmen..

Franque, Schiffer och Schmidt (1997) behandlar i en artikel på tyska i hälsoaspekter för kopplingar för olika rörmaterial. **Har ej fått tag på - Resultat???**

I (Landner och Lindeström, 1998) står följande i kapitel 10.1.2: Vattenledningsrör av koppar har visat sig vara överlägsna alternativa material när det gäller att kontrollera tillväxten av mikroorganismer i distributionssystem. Ett flertal jämförande studier har genomförts, där dricksvatten med olika ursprung och olika temperaturer fått strömma genom tappvattenrör utförda i olika material, varpå mängden bakterier som växer på insidan av rören analyserats. Härvid har dels totalantalet heterotrofa bakterier per cm² röryta bestämts, dels koloniseringen av den fruktade patogenen Legionella pneumophila.

Vid korttidstest (21 dagar) i hårda och måttligt hårda vatten med en temperatur av 20°C förekom ingen signifikant skillnad i grad av bakteriekolonisering mellan de olika testade materialen. När vattentemperaturen höjdes till 40°C var dock skillnaden i kolonisering avsevärd mellan kopparrören och stål- respektive plaströren, i synnerhet när testen utfördes med måttligt hårt vatten (källa?).

Vid temperaturer över 40°C påträffades inga celler av L. pneumophila i kopparrören, men vid 50°C förekom dessa bakterier i plaströren. Även vid långtidstester, upp till 30 veckor, visade det sig att alla övriga testade rörmaterial, utom koppar, tillät kolonisering och bestående växt av bakterier, inklusive L. pneumophila (källa?).

På Scandinavian Copper Development Association, SCDA:s hemsida (<http://www.sdda.com/sv/>) om koppar står följande under rubriken om Legionella:

Under perioden 1982-1984 gjordes en undersökning i England och Wales för att se om det fanns Legionella i bruksvattnet främst i stora byggnader som hotell, sjukhus mm. En motsvarande undersökning gjordes i Sverige i vattenverk och i olika typer av byggnader av Statens Bakteriologiska Laboratorium på uppdrag av Byggeforskningsrådet.

I England visade resultaten att bakterierna var betydligt mindre dominerande i kopparrörsystem. Fortsatta undersökningar i laboratorium (Centret för Tillämpad Mikrobiologi) bekräftade att koppar undertrycker tillväxt av Legionella medan material som polypropylen, polyeten, cPVC och uPVC inte gör det.

I den svenska undersökningen gjordes inga direkta materialjämförelser. I de hus som undersöktes var 98 % av ledningarna av koppar och 97 % av duschslangarna av plast. I de fall där man kunde påvisa Legionella i höga halter i duschvattnet, visade det sig vara hög tillväxt av Legionella på insidan av plastslangen och särskilt på vissa typer av packningar. Det kunde också påvisas ett samband mellan förekomsten av Legionella och ökad komplexitet hos vattensystemet.

Även i Norge har förekomsten av Legionella kartlagts. Den är liten i tappvattensystem vilket kan ha samband med användningen av koppar.

En nyligen publicerad tysk undersökning visar att åtta år gamla kopparrör fortfarande har mycket bättre förmåga att förhindra Legionella jämfört med förzinkat stål och tvärbunden polyeten, PEX.

I en skrift från Wirsbo Bruks AB (Legionella i varmvattensystem, 2000), tillverkare av PEX-rör redovisas bl.a. följande provningsresultat:

International Copper Association har genom dynamisk korttidsprovning fått fram att tillväxt och rangordning påverkas av testvattnets sammansättning och att koppar visat bättre värden än övriga material.

I en sammanställning av EU:s forskningsprojekt om bakterietillväxt, gjord av företaget KIWA i Holland redovisas i en första rapport resultat från både stationära och dynamiska provningar. Resultatet visar att det föreligger ett signifikant samband mellan biofilmbildning och halten av Legionella på materialytorna. Den slutsats som dras är att valet av rörmaterial inte kan anses påverka bakterietillväxten. Koppar hade här högre biofilmstillväxt än både rostfritt stål, PEX- och PP-rör.

I en dynamisk mätning som utfördes av Hyg. Institut des Ruhrgebets studerades tillväxten av Legionella på olika rörytor. Intermittent strömmande, uppvärmt vatten har använts. Koppar har här fått mycket höga värden. Eventuellt kan detta bero på att sammansättningen hos testvattnet varit olämpligt för koppar i detta fall.

Professor Baumann har med odling under elektronmikroskop undersökt hur antalet levande Legionellabakterier utvecklats på ett antal olika rör och kopplingsmaterial. Baumanns slutsats är att det inte föreligger någon väsentlig skillnad mellan de provade materialen. Galvaniserat stål fick betydligt högre testvärden än de övriga materialen, något som kan bero på att materialet har en ojämn yta och därför får en större mängd bakterier vid infekteringen.

Arbetsmiljö vid montering

Rörmontörernas arbetsmiljöproblem med obekväma arbetsställningar har tidigare behandlats i kapitel 4. I en enkät fick rörmontörerna svara på ett antal frågor som bl.a.

behandlade arbetsmiljön. Av den framgick att PEX- och PP-rören upplevs som mer lätthanterliga än koppar och rostfritt vid transport på arbetsplatsen. De rostfria rören är lite tyngre än kopparrören.

Elvärmaren för PP-rören medför brännskaderisker liksom kopparrör som värmts för bockning eller lödning. De rostfria rören är smutsande i sig själva och även de kopparrör som värmts är smutsande. Pressverktyget för de rostfria rören upplevs som tungt och otympligt. Montaget av PEX-rören upplevs som lite obekvämt genom att många olika verktyg används varvid vissa delar behöver växlas mellan olika rördimensioner.

Inga klagomål på kontakteksem framfördes av någon rörmontör på byggplatsen. Inget av dessa rörmaterial i sig skall medföra risk för kontakteksem (Lidén, 2000). Däremot kan vissa verktyg som används vid montering medföra risk för nickelallergi (Lidén och Rödell, 1997).

Koppar

Koppar är ett spårämne som människan behöver i små mängder. Nyfödda har 5-10 gånger högre kopparhalt än vuxna. Dagsbehovet för vuxna är 1,0-1,3 mg/dag och för spädbarn 0,3-0,6 mg/dag. Bröstmjolk innehåller 0,2-0,3 mg/l och livsmedelsverkets gränsvärde för dricksvatten ligger på 2 mg/l. Spädbarn uppfödda på flaska utgör således en riskgrupp. Mat och dryck täcker normalt kopparbehovet. I för höga doser blir koppar toxiskt, vilket kan leda till illamående, kräkningar, diarré, kramper och i värsta fall leverskador (Dock 2000). Metalliskt koppar i sig är inte giftigt, men i fuktig miljö sker ett utbyte av lösta joner mellan metallen och dess omgivning. Koppar som lösts ut från vattenledningsrör omvandlas och uppträder som tvåvärda joner. Det är då den har sin största giftverkan. Ett samband mellan höga kopparhalter i dricksvatten till följd av frisättning av koppar från rörledningssystemet och diarréstillstånd hos spädbarn har diskuterats men är inte vetenskapligt klarlagt. En studie om detta har gjorts (Pettersson och Rasmussen, 1997) där 430 barn följts under tre månader. Denna studie kunde inte påvisa ett klart samband mellan hög kopparhalt i dricksvatten och spädbarnsdiarréer.

Rostfritt stål

Rostfria ledningar består av järn, nickel och krom. Nickel är den vanligaste orsaken till kontaktallergi. Men för att få en nickelallergi krävs tät och långvarig kontakt med föremål som avger nickel. Krom i kromskikt är i metallisk form och inte allergiframkallande.

Nickelavgång från rör av rostfritt stål har undersökts (Schwenk, 1992) och redovisas i en artikel på tyska. Nickelnivåer kan vid en veckas stillastående vatten nå det övre hygieniska gränsvärdet rekommenderat av EU. Nickelavgången avstannar efter några veckor och är enligt artikeln endast ett initialt problem och rör av rostfritt stål kan ur hygienisk synpunkt användas för alla typer av dricksvatten.

PEX

PEX-ledningar är gjorda av förnätad polyeten som framställs av **etengas**. Själva materialet har ingen känd hälsopåverkan på människan.

PP

Polypropen framställs av **propengas** och har liksom PEX ingen känd hälsopåverkan på människan.

5.3 Hållfasthet, korrosionsproblematik, påverkan, livslängdsbedömningar

Korrosion är metallers sätt att återgå till mineral igen, mineralrikets naturliga kretslopp. Hur mycket rören korroderar inifrån beror på vattenkvaliteten. Olika rörmaterial kräver olika vattenkvalitet för att korrodera så lite som möjligt (Berghult, Elfström Broo och Hedberg, 1997). De faktorer som påverkar mest är vattnets pH-värde, hårdhet, alkalinitet, saltinnehåll samt syrehalt. Även icke-metalliska material korroderar.

Korrosionens omfattning kan uttryckas som t.ex. materialets viktändring, djupet hos den bortkorroderade ytzone eller i mängden bildade korrosionsprodukter (Rydne och Zetterberg, 2000).

Några av de korrosionstyper som finns är:

Allmän korrosion:	Leder till jämn avfrätning.
Lokal korrosion (punktkorrosion):	Korrosion på vissa delar av en yta.
Spaltkorrosion:	Lokal korrosion som sker i trånga spalter.
Erosionskorrosion:	Uppkommer genom nötning av strömmande vätska.

Korrosion och tungmetallutfällning från rostfria rör i tappvattensystem har studerats i fyra svenska samhällen. Vattenkvaliteten visade sig inte påverkas av korrosionen från rören. Korrosionen ökade med ökad kolsyrehalt. Tungmetallutfällningen visade sig ligga klart under svenska gränsvärden. Nickelhalterna översteg gränsvärdena vid några tillfällen kort efter installation. Dessa avtog dock helt efter några veckor. Resultatet tyder på att rostfritt stål kan vara ett alternativt material i tappvattensystem (Berghult, Elfström Broo, Hedberg 2000).

Omkring 10 procent av de svenska vattenreningsverken använder ytvatten som råvatten. Dessa vattenreningsverk försör ungefär 50 procent av Sveriges konsumenter med vatten. Idag använder sig ungefär 50 procent av dessa reningsverk av någon form av korrosionskontrollåtgärder (Berghult, Elfström Broo, Hedberg (1997), Berghult, Elfström Broo, Hedberg, 2000).

Hållfasthet under de vattentryck som normalt råder i ett bostadshus torde inte vara något problem för de aktuella rörtyperna. Standardiserade metoder för att mäta hållfasthet i rör finns dokumenterat. Materialutmattning kan vara ett bekymmer för vissa rörmaterial/kvaliteter.

Få referenser om påverkan av brand eller kemiska ämnen (yttre påverkan) har hittats, dock kan det gå att plocka fram för materialen i sig.

Mats Linder, Korrosionsinstitutet, tillfrågades om korrosionsaspekter på rostfria rör. Risken är där lokala angrepp, s.k. gropfrätning eller spaltkorrosion, t.ex. på grund av

höga kloridhalter vid montagesvetsning m.m. Erfarenheter av rostfria rör finns bl.a. från grövre rör i sjukhusmiljö (Gävle). Erfarenheterna är inte enbart positiva. **Ge exempel!?**

I en skrift från Korrosionsinstitutet (1991) redovisas artikeln ”Invändig korrosion på vattenledningar av gjutjärn, kolstål och förzinkat stål” av T-G. Vinka och M. Linder där invändig korrosion diskuteras i förhållande till korrosionshårdighet hos materialen och vattensammansättningen.

Korrosion i metalliska rörmaterial har även undersökts av Iwo Wagner, som författat artikeln ”Internal Corrosion in Domestic Drinking-Water Installations” i Aqua/Journal of water supply research and technology 41 (1992). Artikeln beskriver huvudorsakerna till materialbrott (failure) och korrelationen mellan materialkvalitet, vattenkvalitet rörmaterial och driftförhållanden, speciellt för materialen galvaniserad stål, koppar och bly men även rostfritt stål och plaströr nämns.

I en bok beskriver Lars-Erik Jansson 30 års erfarenheter med olika typer av plaströr för avlopp och dricksvatten: Plastics pipes for water supply and sewage disposal (Revised edition, 1996). Boken är på svenska och behandlar livslängd, utformning, belastning, hydraulik, dimensionering, kvalitetskontroll, m.m. främst för rör i mark.

I en artikel ”Experience from 12 years evaluation of cross linked polyethylene” i Kunstst Ger Plast V76 n 3 (1986) av Ifwarson, M.; Eriksson, P. beskrivs 12 års erfarenheter av prover på PEX-rör i Studsvik. Resultaten visar att den då bästa metoden för att bestämma livslängden för varmvattenrör genom extrapolering var långtidstryckprovning vid förhöjda temperaturer, där den yttre provningsomgivningen beaktas. För de bästa studerade PEX-kvaliteterna kan en livslängd på 50 år förväntas vid 85-90 °C kontinuerlig temperatur.

Ifwarson och Leijström redovisar i en konferensartikel från 1992 (What controls the lifetime of plastic pipes and how can the lifetime be extrapolated?) tryckprovningresultat för rör av PE, PEX och PP illustrerat som ”krypkurvor”, och resultat från datorberäkningar av livslängd enligt en föreslagen standardiserad extrapolationsmetod (ISO/DP 9080.2).

Peter Brussig beskriver på tyska i tidskriften 3 R. Rohre, Rohrleitungsbau, Rohrleitungstransport (1993) v.32, no.2/3, skador på ett polyetenrör orsakat av dricksvatten (Schaedigung einer Polyethylenrohrleitung durch Trinkwasser). Författaren har publicerat en artikel med samma namn i Wasserwirtschaft, Wassertechnik (Berlin, DDR) (1992) no.6.

Bernd Genath har i Sanitaer- und Heizungstechnik (1996) skrivit om livslängd och en ovanlig skadebild för polypropylenrör (Laengsrisse im Polypropylenrohr. Hellersen reich an ungewoehnlichen Schadensbildern).

Gaebelein, Kowalewski och Unger redovisar i tidskriften 3R international (1988) v.27, no.5, erfarenheter med användning av plaströr från Berlins dricksvattennät (Kunststoffrohre fuer Trinkwasser-Anschlussleitungen im Versorgungsgebiet der Berliner Wasser-Betriebe). Anslutningar av plast har använts sedan 1938 och sedan

1987 enbart polyetenanslutningar. Författarna summerar erfarenheterna från detta i artikeln.

En amerikansk litteratursökning finns från 1994 "Performance of Plastic Pipes" från National Technical Information Service, Springfield, VA. Den innehåller minst 200 referenser om plaströr för bl.a. dricksvatten av PE, PP, PVC, PB m.m. som innehåller provningsmetoder, skadeanalyser, beständighetsfrågor.

5.4 Drift och underhållsfrågor

Det verkar finnas mycket lite information dokumenterat om installationsrelaterade problem med nya rörtyper.

Att undvika vattenskador är högt prioriterat vid nyinstallation och ombyggnad. Koppar utgör här ett väl beprövat system och bedöms därför säkrare (Rolf Kling). Några vattenläckor i nybyggnadsskedet av Majroparken har refererats av Allan Rasmusson, JM AB, där orsaken bl.a. påstogs vara rörmontörernas ovana vid PEX-rörkopplingars behov av efterdragning p.g.a. krypning i materialet.

En uppföljning av det s.k. VASKA-projektet för vattenskadesäkert byggande (BFR) som genomfördes vid Bo87 i Umeå har utförts av (Andersson och Kling, 1998). Ca 200 lägenheter ingick i studien och uppföljningen visar en drastisk minskning av antalet vattenskador. Rapporten redovisar tekniska lösningar som användes i projektet.

Plaströrstillverkarna (Nordiska plaströrgruppen, Holger Malmsten) planerar ett projekt som behandlar drift- och underhållsfrågor för plaströr. Eventuellt sker detta inom ramen för den europeiska samarbetsorganisationen TEPFA.

Försäkringsbolagen hade tidigare en gemensam skadestatistik genom servicebolaget FSAB. Detta samarbete är nu nerlagt och statistik förs nu inom företagen. Troligen förs bara skadetyper och ersättning och det är nog svårt att få fram information om olika rörmaterial i skadestatistiken.

I en studie behandlas ombyggnadsfrågor, där kopparrör och förzinkade stålrör användes (Kling, 1994).

6. Diskussion

Att göra kostnadsjämförelser mellan olika rörmaterial med underlag i litteraturen ger mycket osäker information. Förutom kostnaden för själva rörmaterialet, måste hänsyn tas till skarvar, kopplingar, ventiler, armaturer m.m. samt arbetstid, rörsystemets livslängd och typ av objekt. För entreprenörer är troligtvis tidsåtgången viktigast. Dessutom skiljer kalkylmetoder från entreprenör till entreprenör. Kostnadskalkyler på kopparsystem blir troligtvis mer rättvisande än för mindre beprövade system som rostfritt och plaströr.

Kostnads kalkyler för olika hustyper har utförts under 1997 av Rolf Kling, VVS-installatörerna (då SCC, personlig kommunikation), där mjuka kopparrör (prisol) jämfördes med PEX-rör (Witapex) (uppdragsrapport från kopparindustrin) och där kopparalternativet låg ca 20 % lägre för en stam i ett trevåningshus.

Utvärderingen av installationskostnaderna i kv Astrid, vilket visas i tabellen i kapitel 4, visar att kostnaden för kopparrör är markant lägre än för de övriga rörmaterialen, vilket beror på jämförelsevis låg materialkostnad och kort montagetid. Vid jämförelse för en stam med 6 lägenheter och 10 m källarstråk blir kopparalternativet ca 28 % billigare än plaströrsalternativen. Rostfria rör var ca 6 % dyrare än plaströren.

Det är också enbart de rostfria rören som montörerna anser är lika lättmonterade som kopparrören. Säkerhetskänslan för montage av PP-rör upplevs vara markant lägre än för de övriga materialen, osagt om läckagens lokalisering till just PP-rör skall sammankopplas med det.

Miljödata finns i många avseenden, men det svåra är att värdera och jämföra de olika materialens egenskaper och risker. Jämförande LCA-studier finns för t.ex. rör i mark, men inte för rör i hus.

Migration av molekyler till tappvatten är oftast inget problem för de använda materialen. Kopparutfällning kan eventuellt ge höga doser till spädbarn som uppföds med flaska med risk för diarréer. Nickel- och kromutfällning från rostfria rör håller sig i de flesta fall under gränsvärdena. Dessa avtar också med tiden. Vattenkvaliteten har betydelse för utfällningarnas storlek.

För plaströr och rostfria stålrör saknas i stor utsträckning dokumenterade erfarenheter från byggande och installation samt drift- och underhållserfarenheter, dvs stora delar av bygg- och förvaltningsperspektivet.

Den tekniska livslängden för olika materialsystem kan vara svår att bedöma för alla materialsystem inkl. kopplingar, ventiler m.m. De flesta vattenverk konditionerar vattnet så att det blir mindre korrosivt för rören.

Val av tappvattenrör sker ju med beaktande av många faktorer. Hur ska prioriteringen mellan hälsoeffekter, miljöpåverkan, beständighet (ingår till stor del i miljöpåverkan) och kostnad ske?

7. Slutsatser

Den jämförande studien av installationskostnaderna (arbete och material) i ett trapphus i kv Astrid för de olika rörmaterialen visade att koppar var ca 28 % billigare än PEX och PP och att rostfritt stål var ca 6 % dyrare än plaströren.

Risken för vattenskador ökar troligen vid användning av plaströr om inte speciella kvalitetsrutiner införs. I kv Astrid förekom två vattenläckage vid idrifttagning av PP-rören.

Rörmaterials påverkan på den yttre miljön är olika och de lätta plastmaterialen får mindre påverkan än rostfritt stål som i sin tur är mindre än koppar. Till detta skall läggas toxiska effekter av koppar.

Risken för bakterietillväxt i rören, främst Legionella, beror mer på vattentemperaturen än val av rörmaterial. Även vattenkvaliteten har betydelse. Rörmaterial kan ha betydelse vid temperaturer mellan 25 – 45 °C, dock finns motsägelsefull information i litteraturen.

8. Referenser

Hådell, Per och Jonsson, Urban, 1998, Hammarby Sjöstad. Vägledning för miljöanpassat materialval vid ledningsbyggande samt val av byggprodukter i kontakt med ren-, dag- och spillvatten i Hammarby Sjöstad. Stockholm Vatten och Miljöförvaltningen, Version 1 1998-02-20.

Fyrhake, L., Eriksson, S., Frostell, B., Forsberg, A., 1998, An Environmental Profile for the Hammarby Sjöstad Project in Stockholm – Initial Studies. Proceedings Green Building Challenge, '98, Oct 26-28, Vancouver, Canada, 1998.

Svensson, Göran, 2000, Environmental consequences of pipe materials. Proceedings, Pipe material selection in drinking water systems, Sept. 5-6 2000, Göteborg, Sverige 2000.

Nordiska Plaströrsgruppen, 1997, Miljövärdering av avloppsrör i PVC, PE, PP och betong, Stockholm, Sverige. Sammanfattning av: Kjaerulff, A., Andersen, A., 1997, Miljøvurdering af afløbsrør i PVC, PE, PP og beton (på danska), Aarhus, Denmark.

Landner Lars, Lindeström Lennart, 1998, Koppar i samhälle och miljö, Stockholm och Fryksta, Sverige

Utdrag ur: Miljöanalys av tappvattensystem. Översättning från Sanitär+Heizungstechnik nr 4 April 1995, Krammer Verlag, Seiten 113- 116, 121- 122, Düsseldorf, Tyskland, vilken grundar sig på rapporten "Abschlussbericht: Vergleichende Umweltanalyse von Trinkwasserinstallations-Systemen" av Käufer, Weinlein och Jäkel, Technische Universität Berlin, Berlin, 12.1994.

Hoving, Lars, 2000, Wirsbo Bruks AB, Personlig kommunikation.

Förf. Okänd, 1998, Trinkwasserrohre durch Recycling entsorgt, Heizung Lueftung, Tyskland, 1998.

Sternbeck, John, 2000, Uppträdande och effekter av koppar i vatten och mark. IVL rapport B1349, Stockholm, Sverige

Lithner, G, Holm K och Borg H, 1995, Bioconcentration factors for metals in humic waters at different pH in the Rönnskär area. *Water, Air, Soil Poll.* 85, 785-790, även i häftet: *Upptärande och effekter av koppar i vatten och mark.*

Borg H, 1997, Copper in Swedish lakes - occurrence, fate and biological effects. *Proc. Risk Assessment of Copper in the Environment, Chile.*

Stockholms stad, 2000, *Kopparflödet måste minska*, Stockholm, Sverige.

Hedberg, Torsten, Lind, Johansson, Eva, Sander, Agneta, Berghult, Bo, Elfström Broo, Ann, 1996, *Kopparrör i inomhusinstallationer - dags för byte mot andra material?, ur tidskriften Bygg & Teknik, nr 5/96, Sverige.*

Rydne, Ulf, Zetterberg, Bengt, 2000, *Rostfritt stål som ett alternativt material till koppar i tappvattenledningar för bostäder*, Examensarbete vid Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, Sverige.

Wirso bruks AB, 1999, *Wirso Tappvatten*, handbok, Sverige. Berg, 2000.

Wirso bruks AB, 1995, *Wirso-PEX*, Sverige.

Titel? Boverkets författningssamling, BFS 1995:17, Sverige.

Chaboussant, J-M. och Jönsson, B., 2000, *Intentions and Consequences of the EC work on Pipe Material in Contact with Drinking Water. Proceedings, Pipe material selection in drinking water systems, Sept. 5-6 2000, Göteborg, Sverige 2000.*

Stenström, T-A, 2000, *Kopparledningar främjar inte tillväxt av bakterier. Dokumentation från seminariet Materialval i tappvattensystem 28/1 2000, Stockholm 2000.*

Stenström, T-A, 1991, *Tillväxtstimulering av bakterier i dricksvatten beroende på vattnets näringsinnehåll och ledningsmaterial, VAV M73, 1991, Sverige.*

Percival, Knapp, Edyvean, Wales, 1998, *Biofilm development on stainless steel in mains water, Water Research Vol. 32, No. 1, pp. 243-253, jan 1998; Biofilms, mains water and stainless steel, Water Research Vol. 32, No. 7, pp. 2187-2201, juli 1998. Pergamon-Elsevier, Oxford England.*

Franque, Otto; Schiffer, Karl Heinz; Schmidt, Guenther, 1997, *Eignung von Armaturenwerkstoffen fuer Trinkwasserinstallationen. Zur Uebertragbarkeit von Versuchen auf praktische Verhaeltnisse (Suitability of fitting materials for drinking water installations. On the transferability of tests to practical conditions). Sanitaer und Heizungstechnik (1997) Vol. 62, no.10, p.122-127, Tyskland 1997.*

Scandinavian Copper Development Association, <http://www.scda.com/sv/>, Sverige.

Wirsbo bruks AB, 2000, Legionella i varmvattensystem, Wirsbo, Sverige.

Dock, Lennart, 2000, Flaskuppfödda spädbarn är den största riskgruppen. Dokumentation från seminariet Materialval i tappvattensystem 28/1 2000, Stockholm 2000.

Pettersson, Rolf, Rasmussen, Finn, 1997, Koppar och spädbarnsdiarré, Naturvårdsverkets rapport nr 4734, Stockholm, Sverige.

Schwenk, Wilhelm, 1992, Tests regarding the release of nickel from stainless chromium and nickel steels in drinking water, Wasser - Abwasser, Tyskland.

Lidén, Carola, 2000, Yrkes- och miljödermatologi, Karolinska Institutet, Stockholm, Sverige, personlig kommunikation.

Lidén, Carola, Rödell, Eva, 1997, Nickel i handverktyg, Rapport från kemikalieinspektionen nr 7/97, Stockholm, Sverige.

Berghult, Bo, Elfström Broo, Ann, Hedberg, Torsten, 1997, Dricksvattnets väg - från rost till kompost, Bygg & teknik nr 5/97, Sverige.

Berghult, Elfström Broo, Hedberg, 1997, Dricksvatten och korrosion - En handbok för vattenverken. VA-FORSK rapport 1997-7 (behandlar ej rostfritt), Stockholm 1997.

Berghult, Bo, Elfström Broo, Ann, Hedberg, Torsten, 2000, Corrosion control measures in Sweden and the effect of succession order. Proceedings, Pipe material selection in drinking water systems, Sept. 5-6 2000, Göteborg, Sverige 2000.

Andersson, Johnny och Kling, Rolf, 1998, VASKA. Utvärdering av vattenskadesäkert byggande i två bostadsområden i Umeå, Rapportkoncept 1998-08-25.

Rolf Kling, 1994, Bygg om vattenskadesäkert, Statens råd för byggnadsforskning, Rapport T23:1994, Stockholm 1994.